

Nederlands Forensisch Instituut
Ministerie van Veiligheid en Justitie

Ballistisch onderzoek ter beantwoording van vragen van het Ministerie van Veiligheid en Justitie, Directie Rechtshandhaving

18 juni 2015

Zaaknummer	2015.03.04.084
Aanvraagnummer	001
Opdrachtgever	Ministerie van Veiligheid en Justitie Directeur Rechtshandhaving en Criminaliteitbestrijding Drs. A. IJzerman Turfmarkt 147 2511 DP DEN HAAG

Herzien rapport

Nederlands Forensisch Instituut

Postadres
Postbus 24044
2490 AA Den Haag

Bezoekadres
Laan van Ypenburg 6
2497 GB Den Haag
T (070) 888 66 66
F (070) 888 65 55

www.forensischinstituut.nl

Aanvraaggegevens

Zaaknummer	2015.03.04.084
Aanvraagnummer	001
Datum aanvraag	27 februari 2015
Offertenummer	OFF-2015-076, Zware luchtdrukwapens
Contactpersoon ministerie	Mr. K. Krijnen
Afhandeling stukken van overtuiging van dit (deel)onderzoek	Niet van toepassing
Overige informatie	Dit rapport vervangt het rapport van 28 mei 2015, waarin tabel 10 op pagina 26 abusievelijk als tabel 9 was benoemd.
Kopie aan	-
Bijlage(n)	**I. Referenties**
Algemene inlichtingen	T (070) 888 68 88
Inhoudelijke inlichtingen	ing. R. Hermsen en W. Kerkhoff T (070) 888 64 70

Inhoudsopgave

1 Vraagstelling

Door de Directie Rechtshandhaving en Criminaliteitsbestrijding van het Ministerie van Veiligheid en Justitie waren de volgende vragen gesteld:

1.1 Centrale onderzoeksvraag

Om te kunnen bepalen tot welke categorie (bepaalde) gas- en luchtdrukwapens zouden kunnen behoren is onderzoek nodig dat duidelijk maakt bij welke grenswaarden en schotkracht luchtdrukwapens gevaarlijk zijn voor mens en dier (in de zin van veroorzaking van ernstig of zelfs dodelijk letsel) en - afhankelijk van het resultaat van het onderzoek – welke (wettelijke) maatregelen mogelijk zijn om de risico's van het voorhanden hebben van die wapens te beperken.

1.2 Technische (deel)vragen

1. Toegezegd is de hele situatie van de zware luchtdrukwapens te onderzoeken. In dit kader is de vraag of bepaalde typen luchtdrukwapens aanleiding geven tot aanpassing van de grenswaarden en schotkracht voor luchtdrukwapens (wat is de vast te stellen norm). Hiervoor zal moeten worden vastgesteld welk effect luchtdrukwapens hebben op mens en dier (gevaarzetting in de zin van ernstig tot dodelijk letsel).
2. Bezien of gasdrukwapens hetzelfde effect kunnen hebben als luchtdrukwapens.
3. Geef een overzicht van de verschillende, op dit moment op de markt verkrijgbare, gas- en luchtdrukwapens en hun specificaties. Belangrijk daarbij zijn ook de configuraties: wapen, kogels en drukcilinders etc.
4. Hoe verhoudt de schotkracht van gas- en luchtdrukwapens zich tot die van vuurwapens.

1.3 Aangescherpte vraagstelling

Voor een zo goed mogelijke beantwoording van de technische deelvragen, in het kader van de centrale onderzoeksvraag, is door het Nederlands Forensisch Instituut (NFI) de volgende herformulering voorgesteld:

1 en 2 Definieer, beschrijf en onderbouw de onder- en bovengrenswaarden voor projectielen uit lucht-, gas- en veerdrukwapens, in relatie tot hun letselpotentie.

3a. Maak een overzicht van momenteel in Nederland verkrijgbare lucht-, gas- en veerdrukwapens en deel deze in op soort en op kaliber.

3b. Maak een overzicht van momenteel in Nederland verkrijgbare projectielen voor lucht-, gas- en veerdrukwapens.

3c. Onderzoek hoe de verkrijgbare lucht-, gas- en veerdrukwapens, met de daarbij behorende projectielen, zich verhouden tot de gedefinieerde grenswaarde(n) voor letselpotentie.

4. Vergelijk de letselpotentie van de onderzochte lucht-, gas- en veerdrukwapens met die van vuurwapens.

De voorgestelde, aangescherpte vraagstelling is door de Directie Rechtshandhaving en Criminaliteitsbestrijding overgenomen en was leidend bij het verrichten van dit onderzoek.

2 Definities

Grenswaarden en schotkracht
De in de vraagstelling gehanteerde begrippen "grenswaarden" en "schotkracht" verdienen verdere uitleg.

Schotkracht
De term schotkracht is geen gebruikelijk term. De meest logische vertaling hiervan is 'de energie (in Joule) die een luchtdrukwapen een kogel meegeeft'. Dit wordt de kinetische mondingsenergie genoemd waarvan hieronder een verdere definitie is te vinden (zie Kinetische energie (E_{kin}) en Kinetische mondingsenergie).

Grenswaarden
De grenswaarde refereert naar een eigenschap van een projectiel om de menselijke huid te doorboren en in een lichaam te kunnen dringen om (dodelijk) letsel te veroorzaken. Naast de kinetische energie van een projectiel bezitten projectielen andere eigenschappen, zoals snelheid en specifieke energie. Welke eigenschap het meest geschikt is om de grenswaarde van letselpotentie te definiëren is onderwerp van deze studie.

Lucht-, gas- en veerdrukwapen
In dit rapport wordt met een de lucht-, gas- en veerdrukwapen een voorwerp bedoeld dat een projectiel kan verschieten en dat werkt met samengeperste lucht, via een pompsysteem, zuigersysteem of PCP-systeem of met een samengeperst gas.

Opmerking: Er is niet onderzocht hoe en op welke wijze deze systemen passen bij de benaming "lucht-, gas- en veerdrukwapens" uit de WWM. Verder wordt opgemerkt dat de gekozen onderverdeling afwijkt van de verdeling zoals weergegeven in "Schotkracht" van J. Blokland, februari 2015 [24]. De definitie is alleen bedoeld als werkdefinitie t.b.v. dit rapport. Paintballmarkers en air-soft apparaten zouden, gezien hun technische werking ook onder deze definitie kunnen vallen, maar worden apart benoemd.

Letselpotentie
Hert begrip letselpotentie is in dit onderzoek vertaald als de *kans dat een projectiel dodelijk letsel* kan veroorzaken. Voorwaarde voor het veroorzaken van dodelijk letsel door een projectiel is de doorboring (penetratie) van de menselijke huid en de indringing in het er achterliggende weefsel [23].

Projectielsnelheid (v)
De snelheid van het projectiel in meter per seconde (m/s) op een bepaald moment (bijvoorbeeld een bepaalde afstand).

Mondingssnelheid (v_0)
De snelheid van het projectiel in meter per seconde (m/s) als deze de loop verlaat (tevens de maximale projectielsnelheid).

Kinetische energie (E_{kin})
Wordt ook wel bewegingsenergie genoemd en is de energie die een bewegend projectiel door de traagheid van z'n massa (m) bezit en wordt gedefinieerd door de halve massa maal het kwadraat van de projectielsnelheid (v), uitgedrukt in Joule (J):

$$E_{kin} = ½ \cdot m \cdot v^2$$

In deze formule is m de massa van het projectiel in kilogram (kg) en v de snelheid van het projectiel in meter per seconde (m/s).

Kinetische mondingsenergie
De kinetische energie van het projectiel in Joule (J) als deze de loop verlaat (tevens de maximale mondingsenergie).

Specifieke energie (E/A)
Dit is de kinetische energie (E_{kin}) van een projectiel gedeeld door het frontale oppervlak (A) - de dwarsdoorsnede in millimeter (mm) van de projectiel loodrecht op de lengteas - en wordt uitgedrukt in Joule per vierkante millimeter (J/mm^2).

Afgegeven energie (E_{af})
Dit is de kinetische energie (E_{kin}) die een projectiel aan een doel afgeeft. Als een projectiel in een doel dringt en er in blijft zitten, is de E_{af} nagenoeg gelijk aan de E_{kin} van het projectiel op het moment van treffen.

3 Onderzoek

3.1 Grenswaarden voor letselpotentie

Voor het onderzoek naar de normen voor letselpotentie en in het bijzonder de grenswaarden voor de specifieke energie is gebruik gemaakt van de literatuur in Bijlage I. Na een literatuurstudie is een keuze is gemaakt voor twee grenswaarden, die met de huidige wetenschappelijke kennis de letselpotentie het beste voorspellen.

De meer kwetsbare ogen worden in deze studie (grotendeels) buiten beschouwing gelaten omdat de kans van treffen van de ogen veel kleiner is dan bijvoorbeeld de rest van het hoofd of de romp.

3.2 Verkrijgbare wapens en voorwerpen

Voor het onderzoek naar lucht-, gas- en veerdrukwapens die momenteel in Nederland verkrijgbaar zijn, is contact opgenomen met diverse detailhandelaren in Nederland en is op 6 maart 2015 een bezoek gebracht aan de Internationale Waffen Ausstellung (IWA) in Neurenberg (Duitsland). Op deze internationale wapenbeurs presenteren zich van oudsher wapen- en munitiefabrikanten die zich richten op de Europese markt.

De aanwezige fabrikanten werden bevraagd naar de typen lucht-, gas- en veerdrukwapens en het aantal kalibers waarin deze wapens op dit moment worden geproduceerd. De informatie werd aangevuld met informatie uit de fabrieksfolders en van de websites van de diverse fabrikanten.

Lucht-, gas- en veerdrukwapens die momenteel niet in Nederland worden verkocht omdat ze een sprekende gelijkenis met vuurwapens vertonen (mogelijk vallend onder Cat. I, sub 7° van Art. 2.1 WWM j° Art. 3 RWM) zijn niet in de inventarisatie meegenomen.

In de inventarisatie bevonden zich ook zogeheten paintballmarkers en air-soft apparaten. Voorwerpen uit deze twee categorieën zijn specifiek bedoeld om ermee in recreatief en competitief verband op mensen te schieten. Bij gebruik van geschikte beschermingsmiddelen (vooral brillen en/of gelaatsmaskers) treedt hierbij doorgaans geen noemenswaardig letsel op. Omdat deze voorwerpen al decennia lang voor dit doel worden gebruik en omdat hierbij is aangetoond dat de kans op ernstig letsel vrijwel nihil is, vormen ze een aparte categorie. Om de hiervoor genoemde redenen vallen ze buiten de scope van het deel van de vraagstelling betreffende de letselpotentie. Voor de volledigheid van het rapport zijn deze voorwerpen wel zoveel mogelijk meegenomen.

3.3 Verkrijgbare projectielen

Hiervoor werd geput uit de schietvoorraad van het Nederlands Forensisch Instituut. Deze schietvoorraad wordt onderhouden ten behoeve van schietproeven in het kader van forensische onderzoeken. Incidenteel vinden daarbij ook onderzoeken aan lucht-, gas- en veerdrukwapens plaats. Voor dit doel bevat de schietvoorraad een actueel bestand aan projectielen die in Nederland zijn aangeschaft. In het kader van het onderhavige onderzoek is de schietvoorraad verder aangevuld en geactualiseerd. Ook is op de IWA een bezoek gebracht aan de stands van twee grote fabrikanten van projectielen voor lucht-, gas- en veerdrukwapens, om kennis te nemen van hun leveringsprogramma.

3.4 Letselpotentie wapens

Letselpotentie wapens en voorwerpen

Om de letselpotentie vast te stellen van de diverse verkrijgbare lucht-, gas- en veerdrukwapens is getracht met zo veel mogelijk verschillende exemplaren proefschoten te lossen. Hierbij is gebruik gemaakt van twee detailhandelaren, die hiervoor een deel van hun voorraad ter beschikking stelden. De lucht-, gas- en veerdrukwapens lagen ten tijde van het onderzoek bij deze handelaren in de verkoop en geven dus een indruk van het actuele winkelaanbod. De selectie is aangevuld met courante lucht-, gas- en veerdrukwapens uit de referentiecollectie van het NFI. Met de hierboven genoemde selectie zijn proefschoten gelost. Hierbij is bij alle lucht-, gas- en veerdrukwapens van hetzelfde kaliber gebruik gemaakt van één gangbaar type projectiel. Vóór het schieten is elk projectiel gewogen. Tijdens het schieten werd de projectielsnelheid gemeten door middel van een Doppler-radar snelheidsmeettechniek, vanaf de loopmonding tot over een lengte van 40 meter.

Met de berekende kinetische energieën en de doorsneden van de projectielen is de letselpotentie bepaald, aan de hand van de grenswaarden voor letselpotentie (zie punt (3.1).

Verder zijn proeven gedaan met enkele paintballmarkers die in te bezit waren van particulieren en met enkele air-soft apparaten uit de referentiecollectie van het NFI. Hierbij werd de snelheid op één meter voor de loopmonding gemeten met behulp van een lichtmeettechniek. Bij de paintballmarkers en air-soft apparaten werd niet gekozen voor de Doppler-radar snelheidsmeettechniek. Met deze techniek is het mogelijk om de snelheid, en de daarmee samenhangende letselpotentie, over langere afstand te beoordelen. Dit leek overbodig bij paintballmarkers en air-soft apparaten.

Letselpotentie verschillende projectielen

Om de invloed van de verschillende projectielen op de letselpotentie te onderzoeken zijn van de twee meest gangbare kalibers elk zeven verschillende typen projectielen afgeschoten op weefselsimulanten, die op twee meter voor de loopmonding waren geplaatst. De weefselsimulanten bestonden uit blokken gelatine die waren bekleed met een simulant voor menselijke huid.

De gebruikte blokken gelatine waren bereid met 10,3% gelatine (type A met bloomgetal 250) en 89,7% water. Dit is een gebruikelijke verhouding voor spierweefselsimulanten in het forensisch onderzoek [1]. De blokken waren tot het gebruik bewaard bij een temperatuur van 3 °C. De temperatuur van de schietbaan waar de proeven werden verricht was ca. 20 °C. Hierdoor warmden de blokken geleidelijk op tijdens de proeven. Bij het gebruik lag de temperatuur van de blokken tussen de 3,5 en 4,5 °C. Dit was de beoogde temperatuur voor het onderzoek.

Als huidsimulant is gebruik gemaakt van runderleer van het type: "cowhide, semi-finished chrome tanned upholstery crust, not treated to final softness" met een dikte van 1,0 tot 1,1 mm. Dit materiaal reageert op vergelijkbare wijze bij inslag van projectielen als dunne menselijke huid [2]. De menselijke huid heeft op verschillende plaatsen verschillende dikten. Enkele kritische delen van het menselijk lichaam, zoals de organen en (slag)aders in de voorzijde van de romp en de hals worden bedekt met relatief dunne huid.

De projectielen zijn gewogen vóór de schotproeven. De snelheid van de projectielen werd op één meter voor de loopmonding gemeten met behulp van een lichtmeettechniek. Door de korte afstand tot de weefselsimulant (2 meter) was de inzet van Doppler-radar meettechniek niet mogelijk. Met behulp van de massa en de projectielsnelheid is de kinetische energie gemeten volgens de eerder vermelde formule.

3.5 Letselpotentie in vergelijk tot vuurwapens

Tijdens het onderzoek is van een 53-tal lucht-, gas- en veerdrukwapens de snelheid, kinetische energie en specifieke energie bepaald. De maximale waarden zijn vergeleken met de (gemiddelde) waarden die gangbaar zijn voor een aantal veelvoorkomende kalibers en soorten vuurwapens.

4 Grenswaarden voor letselpotentie

4.1 Letselpotentie wapens

Als in de wetenschappelijke literatuur de gerapporteerde incidenten met een dodelijke afloop, waarin lucht-, gas- en veerdrukwapens zijn gebruikt, worden bekeken, betreft het altijd verwondingen waarbij het projectiel de huid penetreert[1] en het achterliggende weefsel binnendringt waarbij vervolgens het centraal zenuwstelsel, het hart of grote (slag)aders wordt getroffen [3,4,5,6]. Er is dus kennis nodig van de eigenschappen (minimale capaciteit) van het projectiel om de menselijke huid te penetreren en vervolgens het lichaam binnen te dringen.

Opgemerkt wordt dat het uitgangspunt de onbedekte huid is. Bedekkende kleding zal het effect van een projectiel doen afnemen maar gezien de variabiliteit van kleding is het effect van kleding buiten beschouwing gelaten.

4.2 Grenswaarden om de menselijke huid te penetreren

Bij het treffen van een mens zal het projectiel eerst de huid tegenkomen. De huid zal onder invloed van het projectiel naar binnen worden gedrukt en uitgerekt raken. Indien een projectiel een te lage capaciteit heeft zal de huid, na (maximaal) te zijn ingedrukt, weer terugveren. Het projectiel zal de huid niet penetreren en teruggekaatst worden. Indien het projectiel wel voldoende capaciteit heeft zal het projectiel de huid doorboren en verder het weefsel indringen.

De eerste onderzoeken met als doel een grenswaarde te vinden voor het penetreren van de menselijke huid, richten zich op de hiervoor benodigde minimale projectielsnelheid, de zogeheten grenssnelheid (v_{gr}) [6, 10,11,12,13,14]. Uit deze onderzoeken komen verschillende waarden voor de grenssnelheid voor de penetratie van de huid voor de gebruikte projectielen. Er lijkt echter een duidelijke afhankelijkheid te bestaan tussen de grenssnelheid van de huid enerzijds en van het contactoppervlak van het projectiel en zijn massa anderzijds.

Op basis van deze resultaten wordt afgeleid dat de grenssnelheid afhangt van de oppervlaktedichtheid (S) van het projectiel. De oppervlaktedichtheid is gedefinieerd als de massa in kilogram (kg) gedeeld door het (frontale) oppervlak (S=m/A) waarbij A de dwarsdoorsnede van het projectiel is in vierkante millimeters (mm^2).

Door de relatie $E_{kin} = ½ m v^2$ komt dit er eigenlijk op neer dat er een vaste *specifieke energie grenswaarde* geldt voor de huid, uitgedrukt in Joule per vierkante millimeter (J/mm^2). De specifieke energie is de kinetische energie gedeeld door het frontale kogel oppervlak (E/A) en wordt hierna aangeduid als E/A-grenswaarde.

De door de diverse auteurs gevonden E/A-grenswaarden verschillen echter eveneens. In onderstaande tabel, welke grotendeels is overgenomen uit [2] en is aangevuld is met andere onderzoeken zoals [16], worden de resultaten betreffende de E/A-grenswaarden van de diverse onderzoekers in de laatste kolom weergegeven.

[1] Sommige onderzoekers maken een verschil tussen de begrippen *perforatie* en *penetratie* van de huid [13]. Met penetratie wordt dan bedoeld dat het projectiel wel de huid weet te doorboren maar dat niet het hele projectiel de huid weet te passeren. Met perforatie wordt bedoeld dat het projectiel de huid doorboort en in de onderliggende weefsels weet door te dringen. Andere onderzoekers maken dit onderscheidt niet, wat de precieze definitie van grenswaarden lastig maakt. In dit rapport wordt de term penetratie gebruikt zonder onderscheid te maken tussen de twee begrippen. Als er over de grenswaarde wordt gesproken, dan wordt hiermee de minimale waarde bedoeld die benodigd is om de huid te penetreren.

Tabel 1 Grenswaarden voor penetratie van menselijke dijbenen met diverse projectielen en aangevuld met de grenswaarden van de huidsimulanten (onderste gedeelte) Bij de grenswaarden van sommige huidsimulanten is een bereik opgegeven, bij deze is de exacte grenswaarde niet vastgesteld of varieert deze tussen verschillende experimenten.

Onderzoeker	type projectiel	diameter (mm)	massa (g)	v_{gr} (m/s)	E (J)	E/A (J/mm²)
Journeé [8]	Rondkop lood	11,25	8,35	70	20,46	**0,21**
DiMaio [13]	diabolo 4,5 mm	4,40	0,53	101	2,73	**0,18**
	diabolo 5,5 mm	5,46	1,07	75	3,01	**0,13**
	.38 LRN	9,12	7,32	58	12,32	**0,19**
Mattoo [20]	rondkogel lood	9,14	4,5	65	9,46	**0,14**
Missliwetz[10]	Rondkogel	4,50	0,54	110,4	3,26	**0,20**
	Diabolo	4,50	0,49	135,6	4,5	**0,28**
	Spitskop	4,50	0,56	109	3,33	**0,21**
	hollowpoint	4,50	0,44	133,2	3,9	**0,25**
	rondkogel (brons)	4,00	0,31	120,6	2,25	**0,18**
	rondkogel (staal)	4,00	0,26	126,1	2,1	**0,17**
Tausch [21]	Rondkogel	9,00	4,28	68,7	10,09	**0,16**
	9mm LRN	9,00	6,2	66,2	13,59	**0,21**
	9mm LRN	9,00	10,6	41,8	9,26	**0,15**
	truncated cone	9,00	7,9	54,5	11,73	**0,18**
	Spitskop	9,00	7,9	57,9	13,24	**0,21**
	Rondkogel	11,46	8,83	56,7	14,19	**0,14**
	.45 LRN	11,46	11,7	37	8,01	**0,08**
Bir [16]	Rubberen raket	17,60	6,4	144,3	66,63	**0,27**

De variatie in waarden van de specifieke energie is vermoedelijk ontstaan doordat onderzoeker verschillend omgaan met het begrip *penetratie*. De één bedoeld hiermee het binnendringen in de huid (maar niet het doorboren ervan want dat wordt als perforatie omschreven) terwijl andere onderzoekers hier geen onderscheid in maken.

Rondom de *minimum* grenswaarden voor specifieke energie worden de volgende waarden van onderzoekers vaak gerefereerd:
- Door Sellier (en Kneubuehl) wordt een waarde van **0,10 J/mm²** [6,23] gegeven.
- Di Maio komt tot een waarde van **0,20 J/mm²** [13].
- Jussila heeft in zijn artikel [2] de data van de verschillende onderzoeken samengevoegd en heeft door middel van een regressieanalyse geconcludeerd dat de best passende relatie gegeven wordt door Mattoo in [15] wat overeenkomt met een grenswaarde E/A van **0,17 J/mm²**. Overigens meldde Sellier [22] op basis van zijn eigen resultaten in combinatie met die van Tausch [11] ook deze waarde.

4.3 Variatie bij de grenswaarden van de huid van één persoon

In het algemeen kan men stellen dat een projectiel een minimum aan specifieke energie (E/A) moet bezitten om de huid te kunnen penetreren [7]. Deze waarde verschilt per locatie op het lichaam. Indien de huid zich boven een hard, minder flexibel weefsel (zoals botweefsel) bevindt zal de benodigde specifieke energie lager zijn dan bij huid gelegen boven een zacht weefsel. Huid op bot kan minder ver uitrekken en wordt als het ware geplet [8]. Ook de aanwezigheid van spitse punten of scherpe randen op het projectiel zullen de benodigde specifieke energie verlagen omdat op deze plekken een relatief veel grotere kracht wordt uitgeoefend op de huid terwijl bij ronde vormen de kracht gelijkmatiger door de huid kan worden opgevangen [9].

In een recenter artikel van Bir [16] is uitvoerig gekeken naar de verschillen tussen de E/A-grenswaarden bij verschillende lichaamsdelen en dus niet alleen dijbenen. De resultaten van dit onderzoek bevestigen de eerdere bevindingen dat er een bereik is waarbinnen soms wel en soms geen penetratie optreed. De grenswaarden werden in dit artikel gegeven als de 50% waarde. Dit is de waarde waarbij 50% risico van penetratie optreed. Over het gehele lichaam bekeken lag de hoogste E/A-waarde waarbij geen penetratie werd waargenomen bij **0,60 J/mm^2** en de laagste E/A-waarde waarbij wel penetratie werd waargenomen lag bij 0,18 J/mm^2. Per lichaamsgedeelte bekeken lag de spreiding ongeveer in de orde van ± 0,10 J/mm^2 ten opzichte van de 50% waarde. De onderzochte gebieden betreffen de voor- en achterkant van het torso en de bovenbenen. De hoofdhuid en nekgedeelten zijn helaas niet meegenomen terwijl deze juist interessant zouden zijn omdat deze delen vaak onbeschermd zijn door kleding en de onderliggende weefsels kwetsbaar zijn. De gevonden 50% grenswaarden varieerden van 0,25 J/mm^2 voor de huid op de voorkant van een rib tot rond de 0,33 J/mm^2 voor de overige huiddelen op de voorzijde van het torso. Voor de huid op de achterzijde van het torso werden waarden van respectievelijk 0,51 en 0,53 J/mm^2 gevonden.

Opgemerkt wordt dat in de jaren negentig van de vorige eeuw door het toenmalige Gerechtelijk Laboratorium een E/A-grenswaarde van 0,62 J/mm^2 werd gebruikt om een projectiel als dodelijk te beschouwen [17]. Omdat de herkomst van deze grenswaarde niet bekend is, is deze waarde nu niet meer als zodanig in gebruik. Anderzijds komt de toenmalig gehanteerde grenswaarde waarde goed overeen met de waarde die boven de door Bir geconstateerde maximum grenswaarde van de huid ligt. Volgens de waarden van Bir zou een projectiel met een E/A = 0,62 J/mm^2 ongeacht de plaats van treffen, (nagenoeg altijd) het lichaam binnendringen.

Een kanttekening bij het werk van Bir is dat er van een behoorlijk groot projectiel met een diameter van 17,6 millimeter gebruikt is gemaakt. De vaste E/A-relatie is eigenlijk nooit heel goed bevestigd voor zulke extreme waarden, waardoor het niet helemaal duidelijk of de in dit onderzoek verkregen waarden zonder meer ook voor kleine projectielen als luchtdrukprojectielen gelden.

Ook wordt opgemerkt dat de genoemde waarden altijd slechts een indicatie geven. De invloeden van individuele verschillen tussen huidtypes, etnische afkomst of leeftijd van de proefpersonen zullen altijd zorgen voor verschillen tussen geconstateerde grenswaarden bij verschillende proeven.

4.4 Validatie van waarden aan de hand van praktijksituaties

Idealiter zouden deze gevonden waarden moeten worden geverifieerd met de waarden bij schietincidenten uit de praktijk. In die gevallen is immers een echt model gebruikt waar weinig op aan te merken is, zoals bij lijkdelen nog wel het geval is. Er is een overvloed aan literatuur te vinden over schietincidenten met luchtdrukwapens [6,18,19] waarbij penetratie van de huid optreedt. Het probleem met deze artikelen is echter dat ze altijd vanuit een medisch perspectief geschreven zijn. Ze vermelden dus vaak uitvoerig de verwonde organen. Informatie over het projectiel en wapen is uiterst summier. Een ander nadeel is dat de indringdiepte van het projectiel vaak niet nauwkeurig is vastgesteld door een arts/patholoog omdat dat voor desbetreffend persoon helemaal niet interessant is om op te meten. Ook de eventuele invloed van de gedragen kleding van de slachtoffers is vaak niet bekend. Voor een goede verificatie is men vooralsnog dus praktisch gezien toch meestal aangewezen op experimenten.

4.5 Voorstel grenswaarde

Zoals is af te lezen uit de tabel 1 is voor menselijke huid nog niet zo makkelijk een universele grenswaarde vast te stellen. Er kan in principe gekozen worden tussen de grenssnelheid (v_{gr}), de kinetische energie (E_{kin}) of de specifieke energie (E/A). Er bestaat een redelijk grote variabiliteit in de gemeten waarden. De specifieke energie kan meest constant kan worden gezien en wordt ook als zodanig gebruikt door vele onderzoekers.

De door Jussila bepaalde grenswaarde voor specifieke energie, de E/A-grenswaarde, op basis van de formule van Mattoo van 0,17 J/mm^2 lijkt op basis van alle testen het beste te voldoen als (conservatieve) ondergrens. Bij een lagere E/A-waarde is de kans op indringing zeer klein en daarmee ook de kans op dodelijk letsel. Bij waarden hoger dan 0,17 J/mm^2 neemt de kans op indringing en dus de kans op dodelijk letsel toe.

Een meer progressieve grenswaarde is de E/A-grenswaarde van 0,60 J/mm^2. Bij deze waarde en hoger wordt verwacht dat een projectiel (nagenoeg altijd) de onbedekte menselijke huid, ongeacht de locatie, doorboort en het onderliggende weefsel indringt met kans op dodelijk letsel. Dat deze kans er ook is, zij het kleiner, in het gebied 0,17–0,60 J/mm^2, is dan een geaccepteerd risico.

4.6 Schotverwonding / wondtrauma

Tot slot als het projectiel de huid heeft weten te passeren, baant het zich een weg door de onderliggende weefsels totdat het projectiel volledig tot stilstand is gekomen of het lichaam weer verlaat door een doorschot. In zijn traject zal het projectiel weefsel vernietigen ter grootte van zijn diameter. Hierdoor ontstaat het schotkanaal, ook wel de permanente wondholte genoemd. Hoe diep het projectiel indringt in het weefsel is onder meer afhankelijk van de eigenschappen van het weefsel. De afremming zal minder sterk zijn in zachte weefsels zoals spierweefsel dan in zware harde weefsels zoals botweefsel, die een projectiel sterk zullen remmen of zelfs doen afketsen. De afremming van het projectiel is ook afhankelijk van de massa, de vorm en de snelheid van het projectiel zelf, alsmede de vervorming en/of instabiliteit van het projectiel door de impact. Algemeen geldt dat de mate van trauma afhankelijk van de afgegeven kinetische energie. Hoe groter de kinetische energie (E_{kin} in Joule) van een projectiel des te groter het trauma.

5 Verkrijgbare wapens

5.1 Systemen

De lucht-, gas- en veerdrukwapens, die werden gevonden bij de inventarisatie, zijn onderverdeeld in vier verschillende systemen. Het overgrote deel van de wapens die in het kader van dit onderzoek zijn aangetroffen bij de Nederlandse detailhandel, op de IWA-wapenbeurs en in de referentiecollectie van het NFI, heeft één van deze vier systemen. Drie van de gevonden systemen werken met lucht (natuurlijk gasmengsel uit de atmosfeer). Het vierde systeem werkt met gas, zoals CO_2 (kooldioxide).

5.1.1 Luchtsystemen

Pompsystemen

Bij deze wapens wordt vóór elk schot lucht in een drukkamer geperst met behulp van één of meer pompslagen van een spanarm. Hierna wordt een projectiel in de loop geplaatst. Als het schot wordt gelost, laat een ventiel de samengeperste lucht uit de drukkamer wegstromen, waardoor het projectiel door de loop naar buiten wordt geperst. Foto 1 toont drie luchtdrukwapens met pompsysteem.



Foto 1 Luchtdrukwapens met pompsysteem

Bij het middelste geweer (een zogeheten 'pompbuks') is de hefboom voor het oppompen van lucht naar beneden gescharnierd. Door meerdere pompslagen met deze hefboom wordt lucht in de drukkamer geperst.

Zuigersystemen

Bij deze wapens wordt bij elk schot een zuiger tegen veerdruk opgespannen, waarna een projectiel in de loop wordt gebracht. Bij het lossen van een schot drukt de zuiger onder veerdruk de lucht in een luchtkamer samen, waardoor het projectiel door de loop naar buiten wordt geperst. De bekendste luchtdrukwapens met een zuigersysteem zijn de zogenaamde knikloop-wapens. Hierbij wordt de zuiger gespannen bij het knikken van de loop. Er bestaan ook wapens met een vaste loop, in combinatie met een zij- of onderspanhevel. Ook de zogenaamde kermisbuksen (meerschots grendelbuksen) hebben een zuigersysteem.

Foto 2 toont vier luchtdrukwapens met zuigersystemen.



Foto 2 Luchtdrukwapens met zuigersysteem

Van boven naar beneden op Foto 2: een knikloopgeweer, een geweer met zijspanner en twee knikloop-pistolen. De loop van het linker knikloop-pistool is naar beneden geknikt, ten behoeve van het laden en het spannen. Bij het rechter knikloop-pistool ligt de loop boven de luchtkamer, waardoor het wapen korter is.

De zuiger van een zuigersysteem wordt doorgaans aangedreven met een stalen drukveer. Soms wordt de zuiger aangedreven door een lucht- of gascilinder, zoals bij de Weihrauch HW90. Deze cilinder vervangt de werking van de veer bij het voortstuwen van de zuiger. De lucht of het gas ontsnapt niet uit deze cilinder bij het lossen van een schot, in tegenstelling tot de lucht uit de luchtcilinder van een PCP-systeem of het gas uit een gassysteem.

PCP-systemen

Bij deze zogenaamde Pre Charged Pneumatic wapens worden de projectielen door de loop gedreven door samengeperste lucht uit een van tevoren gevulde perslucht cilinder. Deze cilinder kan in het wapen wordt geplaatst of een integraal deel uitmaken van het wapen. De cilinders worden doorgaans gevuld uit een grotere persluchtfles, zoals een duikfles. Foto 3 toont drie PCP wapens.



Foto 3 Luchtdrukwapens met PCP systeem

5.1.2 Gassystemen

Bij deze wapens worden de projectielen uit de loop gedreven door gas uit een van tevoren gevulde gaspatroon die in het wapen wordt geplaatst. Met uitzondering van air-soft apparaten wordt hierbij voornamelijk gebruik gemaakt van CO_2 gas (kooldioxide). CO_2-patronen bevatten doorgaans 12 gram of 88 gram gas, worden fabrieksmatig gevuld en zijn bedoeld voor eenmalig gebruik. Foto 4 toont twee CO_2 wapens en vier 12-grams CO_2 patronen.



Foto 4 Luchtdrukwapens met CO_2 systeem

De CO_2 patronen wordt bij deze twee wapens in de buis onder de loop ingebracht/geplaatst. Er bestaan ook CO_2 pistolen waarbij de patroon in de greep wordt geplaatst. Bij air-soft apparaten wordt ook wel gebruik gemaakt van zogenaamd 'green gas'. Hoewel dit gas doorgaans brandbaar is wordt het niet ontstoken en werkt het wapen in essentie hetzelfde als met CO_2 gas.
Op het NFI is een Tippmann C3 paintballmarker onderzocht, waarbij de werking berustte op de verbranding van gas. Dit maakt het wapen echter een vuurwapen in de zin van de WWM, waardoor het buiten dit onderzoek is gelaten.

5.2 Kalibers

Lijst onderzochte kalibers

Verreweg de meeste van de wapens in de inventarisatie hadden één van de hieronder genoemde acht kalibers:

- **4,4 mm BB 'staal'**
- **4,4 mm BB 'lood'**
- **4,5 mm**
- **5 mm**
- **5,5 mm**
- **6,35 mm**
- **7,62 mm**
- **9 mm**

Deze lijst is geen exclusieve opsomming van alle bestaande kalibers maar een keuze, gemaakt in het kader van de centrale onderzoeksvraag.

Naast de kalibers in de hierboven genoemde lijst zijn nog de volgende twee kalibers gangbaar:

- **6 mm BB 'air-soft'**
- **.68 'paintball'**

Het betreft munitie voor respectievelijk air-soft apparaten en paintballmarkers. Voorwerpen van deze kalibers zijn, vanuit een onderzoek naar letselpotentie bezien, oninteressant maar zijn technisch wel verwant aan lucht-, gas- en veerdrukwapens. Om deze reden zijn de twee kalibers in de selectie opgenomen.

Uit de lijst gelaten

De vele kalibers waarin zogeheten custom-shops wapens maken, in kleine oplagen of als enkelstuks, zijn niet in de lijst opgenomen. Deze wapens hebben meestal een PCP-systeem en worden in zeer veel verschillende kalibers gemaakt. Meestal verschieten ze gegoten loden projectielen die ook in vuurwapens gebruikt kunnen worden. In het bestek van dit onderzoek bleek het ondoenlijk om een complete opsomming van deze kalibers te maken. De lijst is dan ook beperkt gebleven tot kalibers waarin ten minste één van de grote munitiefabrikanten projectielen maakt, specifiek voor lucht-, gas- en veerdrukwapens.

Verder zijn alleen kalibers in de lijst opgenomen die een zekere aantoonbare verspreiding in de Nederlandse detailhandel hebben. Enkele kalibers zijn bewust uit de lijst gelaten. Als voorbeelden kunnen het kaliber .22 Shotshell van de firma Gamo worden genoemd en het kaliber 12 mm dat door diverse Koreaanse fabrikanten wordt gevoerd. Deze wapens bleken slecht verkrijgbaar in de detailhandel.

Aan de lijst toegevoegd

Het kaliber 4,4 mm BB, 'lood' is wel aan de lijst toegevoegd, hoewel wapens in dit kaliber moeilijk verkrijgbaar zijn in de Nederlandse detailhandel en vrijwel afwezig bleken op de IWA-wapenbeurs. Het is van oudsher het kaliber van veel zogenaamde kermisbuksen die regelmatig in Nederland op kermissen en braderieën te zien zijn. Dit kaliber is in de lijst opgenomen om inzichtelijk te maken of een eventuele aanpassing in wetgeving zijn weerslag heeft op wapens in dit kaliber.

Relatie 4,4 mm BB 'staal' en 4,5 mm

Het onderscheid tussen het kaliber 4,4 mm BB 'staal' en het kaliber 4,5 mm is niet bij elk lucht- gas- en veerdrukwapen eenduidig te maken. Vooral Amerikaans 'BB-guns' zijn vaak ingericht voor het verschieten van zowel 4,5 mm projectieltjes (pellets) als 4,4 mm stalen balletjes (BB's). De 4,5 mm projectieltjes worden doorgaans per stuk geladen en bij het schot gestabiliseerd door de trekken en velden. De 4,4, mm stalen balletjes worden vaak onder veerdruk in een buisvormig magazijn geladen of los in een holte van het lucht-, gas- en veerdrukwapen gestort. Foto 5 toont een vulopening voor 4,4 mm BB projectieltjes.

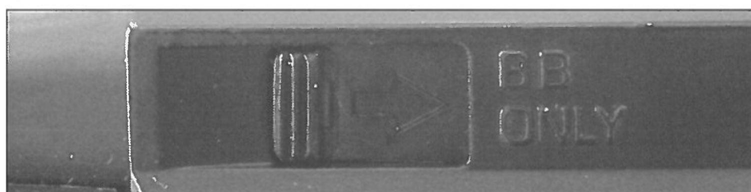


Foto 5 Vulopening voor BB's op een Daisy Powerline 851 pompbuks

Omdat de diameter van deze projectieltjes kleiner is dan de 4,5 mm projectieltjes worden ze niet gestabiliseerd door de trekken en velden.

Het onderscheid tussen 4,4 mm en 4,5 mm wordt vaak niet meer expliciet gemaakt op wapens. Doorgaans staat op de meeste wapens tegenwoordig '4,5 mm' en/of de inch-aanduiding '.177' voor zowel 4,4 mm BB 'staal' als het kaliber 4,5 mm. Uit andere opschriften moet dan blijken of het lucht-, gas- of veerdrukwapen geschikt is voor één van de kalibers of voor beide. De foto's 6 en 7 tonen hier voorbeelden van.



Foto 6 Opschriften Daisy Powerline 851 pompbuks



Foto 7 Opschriften Crosman 397PA pompbuks

Wapens die exclusief bestemd zijn voor stalen BB's van 4,4 mm zijn zeldzaam in Nederland.

5.3 Overzicht systemen en kalibers

In de vier genoemde systemen zijn lucht-, gas- en veerdrukwapens gemaakt in de vorm van pistolen en revolvers. Uitgaande van twee typen (pistolen en geweren), vier systemen en tien kalibers zijn 80 verschillende mogelijkheden te maken. De mogelijkheden zijn weergegeven in de tabellen 2 en 3. Hierbij is per mogelijkheid aangegeven hoe gangbaar deze leek bij de inventarisatie.

Tabel 2 Inventarisatie aangetroffen lucht-, gas- en veerdrukwapens

soort	**pistolen**				**geweren**			
systeem	Pomp	zuiger	PCP	gas	pomp	zuiger	PCP	gas
Kaliber								
4,4 mm BB 'staal'								
4,4 mm BB 'lood'								
4,5 mm								
5 mm								
5,5 mm								
6,35 mm								
7,62 mm								
9 mm								

Tabel 3 Inventarisatie aangetroffen air-soft apparaten en paintballmarkers

soort	pistolen				geweren			
systeem	pomp	zuiger	PCP	gas	pomp	zuiger	PCP	gas
kaliber								
6 mm BB 'air-soft'								
.68 'paintball'								

Toelichting

	= Kwam vaak voor		= Kwam soms voor		= Niet aangetroffen

Hierbij wordt opgemerkt dat het onderscheid tussen een pistool en een geweer bij paintballmarkers vaak niet duidelijk te maken is. De aangeschroefde persluchtfles aan de achterzijde van veel paintballmarkers heeft enigszins het uiterlijk van een schouderkolf maar wordt doorgaans niet als zodanig gebruikt.

6 Verkrijgbare projectielen

In de acht genoemde kalibers voor lucht-, gas- en veerdrukwapens zijn meerdere typen projectielen in omloop, die met wapens van deze kalibers verschoten kunnen worden. Per kaliber is hieronder een toelichting en een afbeelding opgenomen.

Tabel 4 Projectielen voor luchtdrukwapens

kaliber	toelichting	afbeelding
4,4 mm BB 'staal'	Stallen balletjes, doorgaans verkopert soms verzinkt. Populair in de VS, minder in Europa. Nominaal kaliber 4,5 mm maar kleiner t.b.v. een gladde loop.	
4,4 mm BB 'lood'	Loden balletjes, doorgaans verkopert. Worden van oudsher gebruikt in meerschots 'kermisbuksen' zoals de Haenel model 310	
4,5 mm	Doorgaans loden diaboloprojectieltjes met platte kop, bolle, holle of scherpe punt. Tin en kunststof gecombineerd met zink komt ook voor. Het getoonde 'pluimpje' (midden) is nu verouderd.	
5 mm	Minder gangbaar "tussenkaliber" voor pomp- en CO2 wapens. Kaliber eigenlijk 5,05 mm of .20. Vooral loden diaboloprojectieltjes of cilindrische projectieltjes met punt	
5,5 mm	Doorgaans loden diaboloprojectieltjes met platte kop, bolle, holle of scherpe punt. Tin en kunststof met zink komt ook voor.	
6,35 mm	Doorgaans loden diaboloprojectieltjes met platte kop, bolle, holle of scherpe punt. Voor de krachtigste PCP-systemen worden ook massieve (zogeheten 'solids') gegoten projectielen gebruikt.	
7,62 mm	Voor de krachtigste PCP-systemen worden vooral massieve (zogeheten 'solids') gegoten projectielen gebruikt. Zijn ook diaboloprojectieltjes met ronde kop verkrijgbaar.	
9 mm	Doorgaans ronde loden ballen. Zijn ook diaboloprojectieltjes met ronde kop verkrijgbaar.	

In de twee kalibers voor paintballmarkers en air-soft apparaten zijn elk één soort projectiel te krijgen. Deze verschillen niet in maat en vorm maar alleen in materiaal. Hieronder zijn van de beide kalibers een toelichting en een afbeelding opgenomen.

Tabel 5 Projectielen voor air-soft en paintball apparaten

kaliber	toelichting	afbeelding
6 mm BB 'air-soft'	Kunststof balletjes. Doorgaans een organisch materiaal (PS, PLA) gemengd met een vulmiddel voor de massa. Massa meestal tussen 0,10 en 0,25 gram. Incidenteel van aluminium.	
.68 'Paintball'	Dun, bolvormig omhulsel gevuld met verf op waterbasis. Verkrijgbaar in drie kwaliteiten, voor recreatief gebruik, training en wedstrijden.	

7 Letselpotentie en wapens

Ten behoeve van het onderzoek is met lucht- gas- en veerdrukdrukwapens van zo veel mogelijk verschillende kalibers en systemen geschoten. De resultaten voor de air-soft apparaten en paintball markers zijn hieronder in tabelvorm opgenomen.

Tabel 6 Resultaten proefschieten air-soft apparaten en paintball markers

kaliber	type	systeem	wapen	E_{kin} [J]	E/A [J/mm²]
6 mm BB 'air-soft'	**pistool**	**zuiger**	'S&W model 639'	0,15	**0,005**
			'SIG-Sauer P226'	0,25	**0,01**
			'Beretta 92'	0,22	**0,01**
.68 'Paintball'	**pistool**	**PCP**	Valken RM1	7,48	**0,03**
			Tippmann 98	7,51	**0,03**
			Planet Eclipse Geo 2	11,12	**0,05**
			Dye DM15	11,46	**0,05**
			Planet Eclipse Geo 11	11,96	**0,05**
			MacDev Clone	12,77	**0,05**
Groen: onder 0,17 J/mm² **Geel**: tussen 0,17 J/mm² en 0,60 J/mm² **Rood**: boven 0,60 J/mm²					

De drie geteste air-soft apparaten zijn goedkope zogenaamde 'balletjespistolen' die veel in het buitenland worden verkocht. Air-soft apparaten voor wedstrijden stonden niet ter beschikking voor dit onderzoek.

Bij een air-soft apparaat dat de wettelijk energiegrens van 3,5 Joule haalt is de specifieke energie E/A gelijk aan 0,12 J/mm². Deze waarde blijft (zoals verwacht) onder de ondergrens van 0,17 J/mm².

De resultaten van de diverse overige lucht-, gas- en veerdrukwapens zijn in tabel 7 te vinden, op de volgende pagina.

<u>Opmerkingen</u>
Bij het schieten met lucht-, gas- en veerdrukwapens met een zuigersysteem trad enkele malen het effect van 'dieselen' op. Dit gebeurde vooral bij exemplaren uit de referentiecollectie van het NFI, die soms jaren ongebruikt waren gebleven. Hierbij kon het gebeuren dat een mengsel van (wapen)olie en lucht achter het projectiel tot ontbranding kwam. De mondingssnelheid van het projectiel was hierbij aanmerkelijk hoger dan normaal. Het effect was in alle gevallen na één tot drie schoten niet meer meetbaar.

Tabel 7 Resultaten proefschieten lucht-, gas- en veerdrukwapens

kaliber	type	systeem	wapen	E_{kin} [J]	E/A [J/mm²]
4,4 mm staal	pistool	zuiger	Crosman V300	1,27	0,08
	geweer	pomp	Daisy Powerline 851	5,25	0,35
4,4 mm lood	geweer	zuiger	BSA Cadet-Major	3,25	0,21
4,5 mm	pistool	pomp	Crosman American Classic	3,22	0,20
			Crosman 1377C	8,32	0,52
		zuiger	Record LP2	1,71	0,11
			Webley Hurricane	4,61	0,29
			Hatsan 25 Super Charger	10,38	0,65
		PCP	BroCock Grand Prix S6	5,34	0,34
	geweer	pomp	Crosman 397PA	13,45	0,85
		zuiger	Gamo Deltamax Force	5,78	0,36
			Feinwerkbau 300S	8,79	0,55
			Diana 35	9,99	0,63
			Hatsan 85X	16,55	1,04
			Walther LGV Master	17,47	1,10
			Hunter Airgun Nighthawk	17,67	1,11
			Crosman Optimus	19,00	1,19
			Weihrauch HW85	20,72	1,30
		PCP	Daystate Huntsman	13,09	0,82
		gas	Hämmerli 850 Magnum	10,06	0,63
5 mm	pistool	gas	Sheridan E-serie	5,91	0,29
	geweer	pomp	Crosman Blue Streak	19,00	0,95
			Sheridan Silver Streak	19,34	0,97
		gas	Sheridan F-serie	11,93	0,60
5,5 mm	pistool	pomp	Crosman 1322	9,48	0,40
		zuiger	Hatsan 25 SuperCharger	10,81	0,46
		PCP	BroCock Grand Prix S6	8,96	0,38
			Marauder BP2220	13,77	0,58
	geweer	pomp	Crosman 392PA	20,58	0,87
		zuiger	Weihrauch HW35	14,17	0,60
			Gamo Hunter 440	20,56	0,87
			Weihrauch HW85	20,90	0,88
			Hunter Airgun Nighthawk	21,28	0,90
			Crosman Optimus	21,54	0,91
			Hatsan 85X	22,27	0,94
			Hunter Airgun Strike 1	27,38	1,15
		PCP	Hatsan AT 44-10	34,45	1,45
6,35 mm	pistool	PCP	Hatsan AT P2	11,81	0,37
	geweer	zuiger	Bejamin Trail XL725	34,61	1,09
			Hatsan 125	36,42	1,15
		PCP	Gamo Coyote	36,53	1,15
			Hatsan Galatian	57,81	1,83
			Daystate Huntsman	64,21	2,03
7,62 mm	geweer	PCP	Daystate Wolverine	128,40	2,82
9 mm	geweer	PCP	Shinsung Infinity	137,98	2,17
Groen: onder 0,17 J/mm² **Geel**: tussen 0,17 J/mm² en 0,60 J/mm² **Rood**: boven 0,60 J/mm²					

8 Letselpotentie en projectielen

Om de variatie van letselpotentie binnen één wapen te illustreren zijn met een 4,5mm en een 5,5mm luchtdrukgeweer elk zeven verschillende projectielen afgeschoten op een spierweefselsimulant, bedekt met een huidsimulant. De gebruikte huidsimulant bleek erg dun. De gemeten indringdiepten die in de onderstaande tabellen zijn vermeld zijn daardoor circa 25% groter dan in werkelijkheid mag worden verwacht.

8.1 Resultaten kaliber 4,5 mm

Tabel 8 Resultaten proefschieten 4,5 mm projectielen

projectiel	massa [g]	snelheid [m/s]	E_{kin} [J]	E/A [J/mm^2]	diepte [cm]
JSB Exact RS	0,48	189,8	8,64	0,54	10
H&N Silverpoint	0,74	113,2	4,74	0,30	7
H&N Hollow Point	0,47	168,9	6,70	0,42	6
Predator Polymag	0,53	171,8	7,82	0,49	5,5
Gamo Platinum	0,33	209,2	7,22	0,45	9
JSB Match Diabolo	0,51	175,3	7,83	0,49	6,5
Prometheus	0,39	201,9	7,95	0,50	9



Foto 8 4,5 mm projectielen met v.l.n.r.: JSB Exact RS, H&N Silverpoint, H&N Hollow Point, Predator Polymag, Gamo Platinum, JSB Match Diabolo, Prometheus.



Foto 9 4,5 mm projectielen in gelatine met v.l.n.r.: JSB Exact RS, H&N Silverpoint, H&N Hollow Point, Predator Polymag, Gamo Platinum, JSB Match Diabolo, Prometheus. De pijl geeft de schootsrichting aan.

8.2 Resultaten kaliber 5,5 mm

Tabel 9 Resultaten proefschieten 5,5 mm projectielen

projectiel	massa [g]	snelheid [m/s]	E_{kin} [J]	E/A [J/mm²]	diepte [cm]
Champion Tiger Silver	0,57	235,2	15,8	0,66	7
Prometheus Truncated	0,57	234,1	15,6	0,66	12
JSB Diabolo Exact	1,03	200,0	20,6	0,87	17,5
H&N Baracuda	1,38	179,6	22,3	0,94	20,5
Predator Polymag	1,06	188,8	18,9	0,80	10,5
Umarex Classic	0,84	204,7	17,6	0,74	10
H&N Silverpoint	1,13	190,9	20,6	0,87	15,5



Foto 10 5,5 mm projectielen met v.l.n.r.: Champion Tiger Silver, Prometheus Truncated, JSB Diabolo Exact, H&N Baracuda, Predator Polymag, Umarex Classic, H&N Silverpoint.



Foto 11 5,5 mm projectielen in gelatine met v.l.n.r.: Champion Tiger Silver, Prometheus Truncated, JSB Diabolo Exact, H&N Baracuda, Predator Polymag, Umarex Classic, H&N Silverpoint. De pijl geeft de schootsrichting aan.

9 Vergelijking met vuurwapens

In totaal zijn 53 lucht-, gas- en veerdrukwapens getest. De hoogst gemeten snelheden per kaliber en soort en weergegeven en gesorteerd op specifieke energie. In de tabel zijn tevens de gegevens opgenomen van negen in Nederland veelvoorkomende vuurwapen kalibers. De gegevens van de vuurwapens zijn gemiddelde waarden en worden getoond in de grijze regels.

Tabel 10 Luchtdruk versus vuurwapen, gesorteerd op oplopende specifieke energie (E/A)

kaliber	type	systeem	v [m/s]	E_{kin} [J]	E/A [J/mm^2]	N
6mm BB airsoft	pistool	zuiger	68	0	**0,01**	3
.68 paintball	pistool	PCP	88	13	**0,06**	6
4,4 mm BB 'staal'	pistool	zuiger	85	1	**0,08**	1
4,4 mm BB 'lood'	geweer	zuiger	116	3	**0,21**	1
5,05 mm	pistool	gas	115	6	**0,29**	1
4,5 mm	pistool	PCP	149	5	**0,34**	1
4,4 mm BB 'staal'	geweer	pomp	173	5	**0,34**	1
6,35 mm	karabijn	PCP	120	12	**0,38**	1
5,5 mm	pistool	pomp	136	10	**0,40**	1
5,5 mm	pistool	zuiger	145	11	**0,46**	1
4,5 mm	pistool	pomp	186	8	**0,52**	2
4,5 mm	geweer	zuiger	193	9	**0,55**	1
5,5 mm	pistool	PCP	164	14	**0,58**	2
5,05 mm	geweer	gas	164	12	**0,60**	1
4,5 mm	pistool	gas	205	10	**0,62**	1
4,5 mm	pistool	zuiger	208	10	**0,65**	3
4,5 mm	geweer	PCP	233	13	**0,82**	1
4,5 mm	geweer	pomp	237	13	**0,85**	1
5,05 mm	geweer	pomp	209	19	**0,97**	2
5,5 mm	geweer	zuiger	230	27	**1,15**	8
6,35 mm	geweer	zuiger	210	36	**1,15**	2
4,5 mm	geweer	zuiger	297	21	**1,30**	7
5,5 mm	geweer	PCP	259	35	**1,45**	1
6,35 mm	geweer	PCP	279	64	**2,03**	3
9 mm	geweer	PCP	229	138	**2,16**	1
6,35mm Browning	pistool	centraal	230	85	**2,67**	gem.
7,62 mm	geweer	PCP	281	128	**2,81**	1
.38 Special	revolver	centraal	230	271	**4,17**	gem.
9mm Browning Kort	pistool	centraal	300	270	**4,24**	gem.
7,65mm Browning	pistool	centraal	310	226	**4,61**	gem.
.45 ACP	pistool	centraal	250	469	**4,72**	gem.
.22 Long Rifle	pistool	rand	370	178	**7,33**	gem.
9mm Parabellum	pistool	centraal	360	518	**8,15**	gem.
.357 Magnum	revolver	centraal	450	1038	**16,31**	gem.
7,62x39mm	geweer	centraal	735	2161	**43,86**	gem.
Groen: onder 0,17 J/mm^2 **Geel**: tussen 0,17 J/mm^2 en 0,60 J/mm^2 **Rood**: boven 0,60 J/mm^2 **Zwart**: vuurwapen						

Zoals te zien in tabel 9 benadert of overschrijdt de specifieke energie van de twee krachtigste luchtdrukgeweren (respectievelijk kaliber 9 mm en 7,62 mm) die van het zwakste vuurwapen op de lijst (kaliber 6,35mm Browning). De kinetische energie van beide luchtdrukwapens overschrijdt die van dit vuurwapen.

De mondingsenergie van het krachtigste geteste luchtdrukgeweer in het kaliber 6,35 mm benadert die van pistolen (vuurwapens) in het kaliber 6,35mm Browning. Dit luchtdrukgeweer wordt hieronder getoond op foto 12, met daarbij drie semi-automatische pistolen in kaliber 6,35 mm Browning.



Foto 12 Luchtdrukgeweer kaliber 6,35 en drie pistolen in kaliber 6,35 mm Browning.

De foto illustreert hoeveel groter een luchtdrukwapen moet zijn om eenzelfde kinetische energie te kunnen genereren als een vuurwapen.

10 Resumé

10.1 Letselpotentie (vraag 1 en 2)

De menselijke huid

Een belangrijke maat voor letselpotentie bij projectielen uit lucht-, gas- en veerdrukwapens is de grenswaarde voor de penetratie van de menselijke huid. Als een projectiel onder deze grenswaarde blijft dan wordt de huid niet doorboord en is de kans op ernstig letsel nihil. De grenswaarde wordt grotendeels bepaald door de kinetische energie en de diameter van een projectiel en wordt aangeduid als de *specifieke energie*, in Joule per vierkante millimeter (J/mm^2). Ook andere factoren spelen een rol bij de grenswaarde, zoals de vorm van het projectiel en de verschillen in de menselijk huid, per individu en per lichaamsdeel. Om deze redenen is er niet één, vaste grenswaarde te noemen. Opgemerkt wordt dat de kinetische energie in Joules, wat als 'schotkracht' kan worden gezien geen goede graadmeter is voor letselpotentie.

Uit de wetenschappelijke literatuur zijn de volgende onder- en bovengrenzen voor de specifieke energie van projectielen bekend geworden:

Ondergrens: 0,17 J/mm^2
Onder deze grenswaarde is penetratie van de menselijke huid, bij het merendeel van de individuen en op de meeste plaatsen van het lichaam, niet meer te verwachten.

Bovengrens: 0,60 J/mm^2
Boven deze grenswaarde is penetratie van de menselijke huid, bij het merendeel van de individuen en op de meeste plaatsen van het lichaam, altijd te verwachten.

Het onderliggend weefsel

De menselijke huid is een orgaan met een mechanische sterkte, groter dan die van de meeste onderliggende weefsels. Een projectiel dat de huid doorboort heeft kan dan ook meestal vrij makkelijk in het onderliggende weefsel doordringen. De ernst van de gevolgen van een binnengedrongen projectiel hangt af van zeer veel factoren, die deels niets te maken hebben met de eigenschappen van het gebruikte projectiel. Hierbij valt te denken aan de plaats waar het lichaam wordt geraakt en de tijdigheid waarmee adequate medische hulp kan worden geboden.

De belangrijkste factor die wel met het gebruikte projectiel te maken heeft is de *afgegeven kinetische energie*. Als alle omstandigheden van het schot hetzelfde zijn dan geldt dat de hoeveelheid beschadigd weefsel evenredig is met de mate van de afgegeven kinetische energie. Hiervoor valt geen grenswaarde te geven. In het algemeen geldt: hoe groter de afgegeven kinetische energie, hoe groter de hoeveelheid beschadigd weefsel en hoe ernstiger de gevolgen voor de getroffen persoon.

10.2 Letselpotentie geïnventariseerde wapens en projectielen (vraag 3c)

Uit de gemaakte inventarisatie van lucht-, gas- en veerdrukwapens in Nederland valt op te maken dat alleen air-soft apparaten en paintball markers consequent en ruim onder de ondergrens van 0,17 J/mm^2 blijven. Van de overige lucht-, gas- en veerdrukwapens bleven slechts enkele exemplaren onder deze grens.

Met betrekking tot de bovengrens van 0,60 J/mm^2 valt op te merken dat er geen eenduidige relatie is te leggen tussen enerzijds het kaliber en/of het systeem van de 53 geteste wapens en anderzijds het al dan niet overschrijden van de bovengrens. Wel is op te maken dat meer pistolen onder de bovengrens blijven dan geweren.

Het geteste lucht-, gas- en veerdrukwapen met de laagste kinetische mondingsenergie welke de bovengrens van 0,60 J/mm^2 overschreed, had een kinetische mondingsenergie van 9,99 J.

Het geteste lucht-, gas- en veerdrukwapen met de hoogste kinetische mondingsenergie welke nog onder de bovengrens van 0,60 J/mm^2 bleef, had een kinetische mondingsenergie van 13,77 J.

De vier krachtigste van de geteste wapens, met een kinetische mondingsenergie van 50 Joule of meer, waren alle vier van het type PCP. Andersom is het niet zo dat alle PCP wapens zeer krachtig zijn.

10.3 Vergelijk met vuurwapens (vraag 4)

De kinetische mondingsenergie van de twee krachtigste wapens van de 53 geteste lucht-, gas- en veerdrukwapens overschreed die van de zwakste van alle gangbare vuurwapens. Hierbij wordt opgemerkt dat er nog krachtigere lucht-, gas- en veerdrukwapens bestaan. Het gaat hierbij om wapens die als enkel stuk of in kleine series in zogeheten custom-shops worden gemaakt. Deze wapens hebben meestal een PCP-systeem en worden in veel verschillende kalibers gemaakt.

10.4 Andere opmerkingen

Uit de proeven blijkt dat één en hetzelfde luchtdrukwapen zeer verschillende energieën kan geven als verschillende typen projectielen worden gebruikt. Voor een onderling vergelijk van lucht-, gas- en veerdrukwapens van hetzelfde kaliber moet dus telkens hetzelfde projectiel worden gebruikt.

Ondertekening

Ik verklaar dit rapport naar waarheid, volledig en naar beste inzicht te hebben opgesteld als NFI-deskundige[2] wapens en munitie, ingeschreven als gerechtelijk deskundige in het Nederlands Register Gerechtelijk Deskundigen voor het deskundigheidsgebied Forensisch Wapen- en Munitieonderzoek

Plaats	Den Haag	
Datum	18 juni 2015	
Naam rapporteur	ing. R. Hermsen	W. Kerkhoff

[2] Een NFI-deskundige is opgeleid en getoetst door het NFI, waarna het NFI hem/haar de bevoegdheid heeft toegekend om deskundigenrapporten op te stellen en te ondertekenen. Hij/zij maakt bij het onderzoek gebruik van de infrastructuur, voorschriften en kwaliteitsborgingssystematiek van het NFI.

Nederlands Forensisch Instituut
Ministerie van Veiligheid en Justitie

Retouradres Postbus 24044 2490 AA Den Haag

Ministerie van Veiligheid en Justitie
Directeur Rechtshandhaving en Criminaliteitbestrijding
Drs. A. IJzerman
Turfmarkt 147
2511 DP DEN HAAG

Herzien rapport

Nederlands Forensisch Instituut

Postadres
Postbus 24044
2490 AA Den Haag

Bezoekadres
Laan van Ypenburg 6
2497 GB Den Haag
T (070) 888 66 66
F (070) 888 65 55

www.forensischinstituut.nl

BIJLAGE I

REFERENTIES

1. J. Jussila (2004) "Preparing ballistic gelatine - review and proposal for a standard method", Forensic Science International, Vol. 141 No. 2/3, 2004.

2. J. Jussila, A. Leppäniemi, M. Paronen en E. Kulomäki (2005) "Ballistic Skin Simulant", Forensic Science International, Vol. 150 No. 1, 2005.

3. Di Maio VJ, "Homocidal death by air rifle", *Journal of Trauma*, 1975 vol 15, no 11.

4. Campbell-Hewson G., Egleston CV, Busuttil A, "The use of air weapons in attempted suicide", *Injury* 1997 Mar 28(2)

5. Grellner W, Buhmann D, Giese A, Gehrke G, Koops E, Puschel K, "Fatal and non-fatal injuries caused by crossbows", *Forensic Science International* 2004 May 28;142(1).

6. Milroy CM, Clark JC, Carter N, Rutty G, Rooney N, "Air weapon fatalities", *Journal Clinical Pathology* 1998 Jul;51(7)

7. DiMaio VJ, "Penetration and perforation of skin by bullets and missiles. A review of the literature", *American Journal Forensic Medicine and Pathology* 1981 Jun;2(2)

8. Sellier KG, Kneubuehl BP, *Wound Ballistics and the scientific background*, Elsevier science 1994.

9. Mc Pherson. D, *Bullet penetration; modeling the dynamics and the incapacitation resulting from wound Trauma*, Ballistic Publications.

10. Missliwetz J, "Zur Grensgeschwindigkeit bei der Haut", *Beitragen der Gerichtlichen Medizin* 1987; 65:411-432

11. Tausch D, Sattler W, Wehrfritz K, Wehrfritz G, Wagner HJ, "Experiments on the penetration power of various bullets into skin and muscle tissue", *Zeitschrift fur die Rechtsmedizin* 1978 Aug 28;81(4)

12. Sperrazza J, Kokinakis W, "Ballistic limits of tissue and clothing", *Annals of the NY Academy of Science* 1968 Oct 28;152(1)

13. DiMaio VJ, Copeland AR, Besant-Matthews PE, Fletcher LA, Jones A. "Minimal velocities necessary for perforation of skin by air gun pellets and bullets", *Journal of Forensic Sciences* 1982 Oct;27(4):894-8.

14. Mattoo BN, Wani AK, Asgekar MD, "Casualty criteria for wounds from firearms with special reference to shot penetration II", *Journal of Forensic Sciences* 1974 Jul;19(3)

15. Mattoo BN. Discussion of "Minimal velocities necessary for perforation of skin by air gun pellets and bullets", *Journal of Forensic Sciences* 1984 Jul;29(3)

16. Bir CA, Stewart SJ, Wilhelm M. "Skin penetration assessment of less lethal kinetic energy munitions", *Journal of Forensic Sciences* 2005 Nov;50(6)

17. Smit, R, "Rekenmethode voor de bepaling van de indringdiepte van subsonische projectielen in gelatine en menselijk spierweefsel". Stageverslag Wapens & Explosieven, *Gerechtelijk Laboratorium* 1994

18. Bond SJ, Schnier GC, Miller FB "Air-powered guns: too much firepower to be a toy", *Journal of Trauma* 1996 Oct;41(4)

19. Harris W, Luterman A, Curreri PW, "BB and pellet guns--toys or deadly weapons?", *Journal of Trauma* 1983 Jul;23(7):566-9.

20. Mattoo BN, Wani AK, Asgekar MD. "Casualty criteria for wounds from firearms with special reference to shot penetration", *Journal of Forensic Sciences* 1974 Jul;19(3)

21. Tausch D, Sattler W, Wehrfritz K, Wehrfritz G, Wagner HJ, "Experiments on the penetration power of various bullets into skin and muscle tissue", *Zeitschrift fur die Rechtsmedizin* 1978 Aug 28;81(4)

22. Sellier K "*Schußwaffen und Schußwirkungen* I und II", Verlag Max Schmidt-Römhild, Lübeck 1982

23. Kneubuehl BP, Coupland, RM, Rothschild, MA, Thali, MJ, "*Wound Ballistics – Basics and Applications*", Springer Verlag GmbH, Berlin Heidelberg 2011

24. Blokland, J "*Schotkracht*", Adviesgroep Wet Wapens en Munitie, februari 2015